

**VŠB – Technická univerzita Ostrava**

**Fakulta strojní**

**Institut dopravy**

**Zkušební zařízení pro pohonné jednotky důlní dopravy**

**Test Equipment for Drive Units of Mining Transport**

Student:

Tomáš Kaňa

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. Jan Nečas, Ph.D.

Ostrava 2012

## Zadání bakalářské práce

Student:

**Tomáš Kaňa**

Studijní program:

B2341 Strojírenství

Studijní obor:

2302R003 Dopravní stroje a manipulace s materiálem

Téma:

Zkušební zařízení pro pohonné jednotky důlní dopravy  
Test Equipment for Drive Units of Mining Transport

Zásady pro vypracování:

Navrhněte posuvný rám pro uložení mostu zkušebního zařízení pro pohonné jednotky důlní dopravy. Při návrhu technického řešení uvažujte s různými sklony zkušebního mostu v rozsahu  $0 \div 35^\circ$ .

1. Návrh tvaru posuvného rámu.
3. Návrh uložení zkušebního mostu v posuvném rámu.
4. Návrh vedení posuvného rámu v nosné ocelové konstrukci.
5. Potřebné technologické a pevnostní výpočty, technický popis.
6. Konstrukční návrh navrženého vedení posuvného rámu.

Seznam doporučené odborné literatury:

- [ 1 ] Polák, J. Bailotti, K. Pavliska, J. Hrabovský, L.: Dopravní a manipulační zařízení II, Ostrava: VŠB-TU Ostrava, 2003, ISBN 80-248-0493-X
- [ 2 ] Cvekl, Z. Dražan, F.: Teoretické základy transportních zařízení, Praha: SNTL Praha, 1976
- [ 3 ] Dražan, F., Kupka, L.: Transportní zařízení, Praha: SNTL/SVTL Praha, 1966.
- [ 4 ] Polák, J., Pavliska J., Slíva, A.: Dopravní a manipulační zařízení I, Ostrava: VŠB-TU Ostrava, 2001, ISBN 80-248-0043-8.
- [ 5 ] Pešat, Z.: Manipulace s materiálem v hutích I. VŠB-TU Ostrava, 1992, ISBN 80-7078-107-6
- [ 6 ] Prospekty, firemní materiály

Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Jan Nečas, Ph.D.**

Datum zadání: 16.12.2011

Datum odevzdání: 21.05.2012

doc. Ing. Vladimír Smrž, Ph.D.  
vedoucí katedry




prof. Ing. Radim Farana, CSc.  
děkan fakulty

### **Místopřísežné prohlášení studenta**

Prohlašuji, že jsem vypracoval bakalářskou práci včetně příloh samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.


V Ostravě dne 17. 5. 2012

  
podpis studenta

Prohlašuji, že

- jsem byl seznámen s tím, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména § 35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 – školní dílo.
- беру на ве́доміі, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě bakalářskou práci užít (§ 35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že bakalářská práce bude v elektronické podobě uložena v Ústřední knihovně VŠB-TUO k nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího bakalářské práce. Souhlasím s tím, že údaje o kvalifikační práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo – bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- беру на ве́доміі, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě : 17.5.2012

  
.....  
podpis

Jméno a příjmení autora práce:  
Adresa trvalého pobytu autora práce

Tomáš Kaňa  
Hlavní 222  
687 25, Hluk

## **Anotace bakalářské práce**

KAŇA, T. *Zkušební zařízení pro pohonné jednotky důlní dopravy: bakalářská práce.*

Ostrava: VŠB - Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Institut dopravy, 2012, s.

Vedoucí práce: Ing. Jan Nečas, Ph.D.

V bakalářské práci se zabývám návrhem rámu, který je částí zkušebního zařízení pro pohonné jednotky důlní dopravy. První část bakalářské práce se zabývá řešením Závěsných lokomotiv, dále vrátky a závěsnými profily. Poté následuje návrh vlastní konstrukce rámu, a pevnostní výpočty rámu. Součástí práce je výkresová dokumentace rámu.

### **Klíčová slova**

Zkušební polygon, posuvný rám, návrh vedení.

## **Annotation of bachelor study**

KAŇA, T. *Test Equipment for Drive Units of Mining Transport: Bachelor Thesis.* Ostrava :

VŠB –Technical University of Ostrava, Faculty of Mechanical Engineering, Institute of Transport, 2012, p. Thesis head: Ing. Jan Nečas, PH.D.

The thesis focuses on design of a frame which is part of a testing equipment for drive units of mining transports. First part of the thesis deals with the research on suspension locomotives, winches and mounting profiles. The following part contains structure design of the frame and related strength calculations. Last part contains design drawings and technical documentation.

### **Keywords**

Test polygon, sliding frame, design leadership.

# Obsah bakalářské práce

<b>Seznam použitých symbolů a zkratk</b> .....	8
<b>Úvod</b> .....	11
<b>1 Popis závěsných lokomotiv, vrátek a závěsných profilů na trhu</b> .....	12
1.1 Závěsné lokomotivy .....	12
1.1.2 Závěsné lokomotivy vyráběné firmou Ortas s.r.o. ....	14
1.1.3 Závěsné lokomotivy od firmy KaBeDex spol. s.r.o. ....	15
1.1.4 Firma Fite a.s. ....	16
1.2 Vrátky .....	17
1.3 Profily kolejnice pro závěsné dráhy .....	18
<b>2 Seznámení s problematikou</b> .....	20
<b>3 Návrh konstrukce</b> .....	22
3.1 Nýtovaná konstrukce .....	22
3.2 Šroubovaná konstrukce .....	22
3.3 Svařovaná konstrukce .....	23
<b>4 Návrhový výpočet svařované konstrukce</b> .....	24
4.1 Návrh čepu, pomocí kterého bude zavěšen rám na jeřábový hák .....	24
4.2 Návrh potřebné tloušťky pásu přidržující čep .....	25
4.3 Návrh horních nosných pásnic .....	26
4.4 Výpočet bočnic pomocí tahu .....	28
4.5 Návrh profilů dolní části při bočnici .....	29
4.6 Výpočet dolních nosných profilů .....	31
4.7 Návrh profilů pod ložiskovými domky .....	33
<b>5 Návrh svarů konstrukce</b> .....	34
5.1 Návrh horních svarů pásu .....	34
5.2 Návrh svarů přiléhajících k bočnicím .....	35
5.3 Návrh svarů v dolní části bočnice .....	36
5.4 Návrhový výpočet svarů mezi příčkami a profily .....	37
<b>6 Návrh vedení posuvného rámu ve věži</b> .....	38
6.1 Varianty vedení .....	38
6.1.1 Třecí vedení .....	38
6.1.2 Vedení pomocí valivého elementu .....	38
6.1.3 Volba varianty .....	39
6.2 Výpočet valivého vedení .....	39
<b>7 Návrh vedení stavitelného mostu v posuvném rámu</b> .....	41

7.1	Jeřábové kolo s jedním náolkem.....	41
7.2	Jeřábové kolo se dvěma náolkami. ....	42
7.3	Návrh ložiskového domku .....	42
8	Technický popis zvolených variant .....	43
<b>Závěr .....</b>		<b>44</b>
<b>Poděkování .....</b>		<b>45</b>
<b>Seznam použitých zdrojů a literatury .....</b>		<b>46</b>
<b>Seznam obrázků .....</b>		<b>48</b>
<b>Seznam příloh.....</b>		<b>49</b>

## **Seznam použitých symbolů a zkratek**

$\sigma_{dovt}$	napětí dovolené v tahu	[MPa]
$\sigma_{Dotl}$	dovolené napětí na otlačení šroubu	[MPa]
$\sigma_b$	napětí tahové v bočnici	[MPa]
$\sigma_o$	ohybové napětí v ohybu	[MPa]
$\sigma_{odp}$	ohybové napětí dolního pásu	[MPa]
$\sigma_{tah}$	napětí v tahu	[MPa]
$\sigma_t$	tahové napětí svaru	[MPa]
$A_S$	střížná plocha šroubů	[mm <sup>2</sup> ]
$C_o$	statická únosnost ložiska	[N]
$D_d$	zatížení od profilu pod ložiskovým domkem pod bodem D	[N]
$D_e$	reakce od profile pod ložiskovým domkem pod bodem E	[N]
$D_{2L}$	reakce od zatížení profilu ložiskového domku levá	[N]
$D_{2P}$	reakce od zatížení profilu ložiskového domku pravá	[N]
$F_{hak}$	maximální nosnost na háku	[N]
$F_{kol}$	zatížení jeřábového kola pod sklonem mostu	[N]
$F_{kolx}$	zatížení vedení v ose X	[N]
$F_{koly}$	zatížení na hák při skonu mostu	[N]
$F_p$	síla v pásu u čepu	[N]
$F_y$	síla v ose Y	[N]
$M_{anp}$	moment v bodě A nosných pásů	[Nmm]
$M_{omaxdp}$	maximální ohybový moment doplních pásů	[Nmm]
$M_{Omaxč}$	maximální ohybový moment čepu	[Nmm]
$M_{Omaxlož}$	maximální ohybový moment pod ložiskovým domkem	[Nmm]
$M_{omaxnp}$	maximální ohybový moment nosného pásu	[Nmm]
$M_{omaxsp}$	maximální ohybový moment spodního profilu	[Nmm]
$O_S$	plocha šroubu kontrolována na otlačení	[mm <sup>2</sup> ]
$P_o$	zatěžující statická síla ložiska	[N]
$Q$	zadaná nosnost konstrukce	[N]
$Q_{lož}$	zatížení jednoho ložiskového domku	[N]
$R_{ab}$	zatížení bočnice A	[N]
$R_{ač}$	reakce na čepu v bodě A	[N]



$R_{a\check{c}p}$	reakce od čepu v pásu na straně A	[N]
$R_{anp}$	reakce v bodě A nosného pásu	[N]
$R_{BS}$	síla na jeden svar bočnice v horní části	[N]
$R_{b\check{c}}$	reakce na čepu v bodě B	[N]
$R_{b\check{c}p}$	reakce od čepu v pásu	[N]
$R_{bnp}$	reakce v bodě B nosného pásu	[N]
$R_e$	mez kluzu materiálu konstrukce	[MPa]
$R_{e\check{s}}$	mez kluzu materiálu šroubu	[MPa]
$R_{H1}$	zatížení odpocídající jednomu svaru	[N]
$R_{HX}$	reakce na horní valivé vedení	[N]
$R_{Ld}$	reakce dolního profilu levé strany	[N]
$R_{Pd}$	reakce dolního profilu pravé strany	[N]
$R_{sl}$	reakce spodní levá	[N]
$R_{sp}$	reakce spodní pravá	[N]
$R_{Svp}$	zatížení jednoho svaru dolního profilu	[N]
$R_{SX}$	reakce spodního valivého vedení	[N]
$S_o$	statická výpočtová bezpečnost	[-]
$S_{od}$	statická bezpečnost ložiska	[-]
$S_{pas}$	minimální plocha pásu na čepu	[mm <sup>2</sup> ]
$S_b$	plocha jedné bočnice	[mm <sup>2</sup> ]
$S_{2b}$	plocha dvou bočnic	[mm <sup>2</sup> ]
$W_{o\check{c}}$	kvadratický moment průřezu v ohybu, na čepu	[mm <sup>3</sup> ]
$W_{odp}$	průřezový modul v ohybu dolního pásu	[mm <sup>3</sup> ]
$W_{olo\check{z}}$	průřezový modul v ohybu dolního profilu	[mm <sup>3</sup> ]
$W_{onp}$	kvadratické moment ohybu dvou nosných pásů	[mm <sup>3</sup> ]
$W_{osp}$	průřezový modul v ohybu dolního profilu	[mm <sup>3</sup> ]
$W_{oU280}$	průřezový modul v ohybu jednoho profile U280	[mm <sup>3</sup> ]
$W_{ovnp}$	výpočtový kvadratický moment ohybu nosného pásu	[mm <sup>3</sup> ]
$W_{o1np}$	kvadratický moment ohybu jednoho nosného pásu	[mm <sup>3</sup> ]
$W_{o4U280}$	průřezový modul v ohybu 4. profilů U280	[mm <sup>3</sup> ]
$\alpha$	maximální sklon zkušebního mostu	[°]
$\beta$	korekční factor svaru	[-]
$\gamma$	součinitel material pro svarové spoje	[-]

$\pi$	pí.... ludolfovo číslo	[rad]
$a$	výška svaru	[mm]
$b$	šířka pásu u čepu	[mm]
$c$	velikost díry pro čep	[mm]
$d$	průměr čepu na háku	[mm]
$d_{hld}$	průměr hřídele ložiskového domku	[mm]
$f_u$	mez pevnosti základního materiálu	[MPa]
$g$	gravitační konstanta	[-]
$h$	tloušťka pásu	[mm]
$k_b$	výpočtová bezpečnost bočnice	[-]
$k_{\xi}$	výpočtová bezpečnost na čepu	[-]
$k_{dp}$	výpočtová bezpečnost dolního pásu	[-]
$k_{lož}$	výpočtová bezpečnost profile ložiskového domku	[-]
$k_{np}$	výpočtová bezpečnost nosného pásu	[-]
$k_{sp}$	výpočtová bezpečnost spodního profilu	[-]
$k_{\xi}$	bezpečnost pri výpočtu šroubů	[-]
$l$	výpočtová délka svarů	[mm]
$l_{dp}$	délka nosných dolních pásů	[mm]
$l_{np}$	délka nosných pásů	[mm]
$l_{lož}$	délka profile ložiskového domku	[mm]
$m$	výška profilu ložiskvého domku	[mm]
$m_k$	nosnost konstrukce	[kg]
$n$	šířka profilu ložiskového domku	[mm]
$s$	šířka jednoho spodního pásu	[mm]
$v$	výška jednoho spodního pásu	[mm]
$x$	výpočtová šířka dolního pásu	[mm]
$y$	výpočtová výška dolního pásu	[mm]

## **Úvod**

V mé bakalářské práci řeším konstrukci posuvného rámu zkušebního zařízení pro pohonné jednotky důlní dopravy. Rám je součástí zkušebního polygonu důlních lokomotiv, který se skládá z posuvného rámu, stavitelného mostu a věže. Věž se skládá ze dvou příhradových věží, na kterých je umístěna v horní části strojovna, v níž se nachází stacionární kočka, ta zvedá posuvný rám pomocí lana a jeřábového háku. Stavitelný most se skládá z vlastní konstrukce, ke které je připevněna pomocí řetězů a křížového uchycení závěsná dráha pro pojíždění závěsných lokomotiv. Uvnitř mostu je přichycena ozubnicová dráha pro dopravu pozemních důlních lokomotiv. Polygon je určen pro testování lokomotiv a imitaci provozních podmínek v důlní dopravě. Těmto podmínkám odpovídá skupina I, kategorie M2 provozních podmínek. Skupina I, kategorie M2 udává bezpečnostní opatření pro lokomotivy pohybující se v prostředí s nebezpečím výbuchu metanu a uhlého prachu.

# 1 Popis závěsných lokomotiv, vrátků a závěsných profilů na trhu

První kapitola se zabývá popisem lokomotiv dostupných na trhu. Popis je zaměřen především na oblast závěsných lokomotiv, vrátků a závěsných profilů, po nichž závěsné lokomotivy pojíždí a způsob jejich přichycení ke konstrukci.

## 1.1 Závěsné lokomotivy

Závěsná lokomotiva je využívána hlavně pro přepravu závěsných vozíků s těžným materiálem a pro přepravu osob v důlní dopravě. Závěsná lokomotiva musí odpovídat vládním nařízením a směrnicím Evropské unie. Řadí se do skupiny I, kategorie M2, tedy pro přepravu v prostředí s nebezpečím výbuchu metanu a uhelného prachu.

### 1.1.1 Závěsné lokomotivy firmy FERRIT s.r.o.

#### Závěsná lokomotiva DLZ110F-II

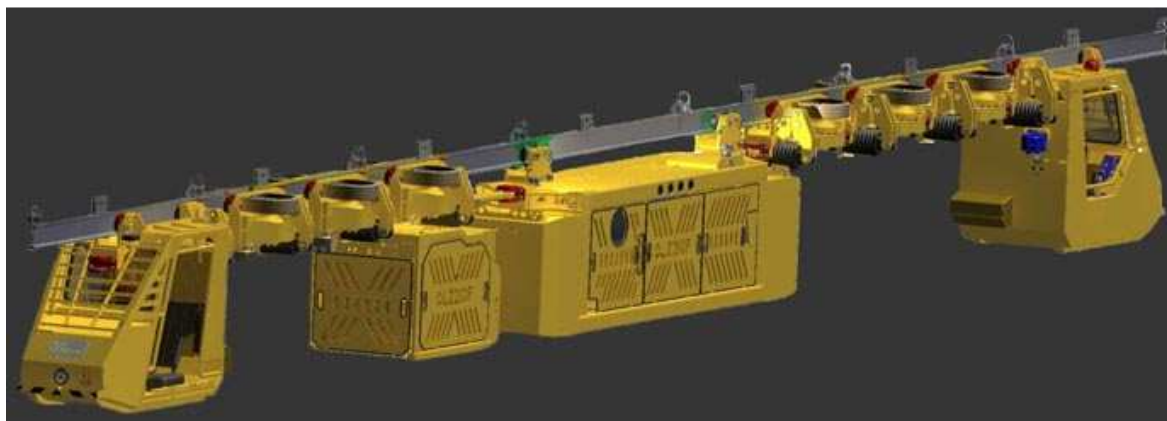


*Obr.č. 1.1 - Závěsná lokomotiva DLZ110F-II [6]*

Lokomotiva DLZ110F-II je tažná lokomotiva pro přepravu vlaků po závěsném profilu, dovoluje přepravovat horizontálně do sklonu až 30°. Lokomotiva může být použita v prostředí s nebezpečím vznícení metanu a také v prostředí s nebezpečím výbuchu uhelného prachu. Základní části lokomotivy jsou dvě řízené kabiny, dále motorová část, která obsahuje dvě pohonné jednotky. Motorová část obsahuje dieselový motor a hydraulický pohon. Jedná se o čtyřtákní, čtyřválcový motor, jež byl upraven pro používání v dolech. Motorová část má ochranu sacího a výfukového systému

se zařízením, které zabraňuje vznícení metanu od horkých výfukových plynů a nasátí prachu do pracovního prostoru motoru. Vodou chlazené výfukové plyny jsou chlazeny na maximální hodnotu 70 stupňů. Systém je jištěn elektrickým bezpečnostním systémem. Při překročení nebezpečných hodnot dojde k vypnutí systému a zastavení lokomotivy. [6]

#### Závěsná lokomotiva DLZ210F



*Obr.č. 1.2 - Závěsná lokomotiva DLZ210F [7]*

Lokomotiva DLZ210F pojíždí v rozsahu sklonu tratě 0-35°. Je uzpůsobena pro přepravu v nebezpečném prostředí s možností výbuchu metanu a uhlénoho prachu. Součástí lokomotivy jsou dvě řídicí kabiny. Při překročení 1,5 procenta koncentrace metanu v ovzduší musí být lokomotiva odstavena z provozu a její motor musí být vypnut. Kabiny s motorem a závěsnými vozíky jsou navzájem propojeny spojovacími tyčemi. Pohonnou jednotku pohání motor značky John Deere, který je chlazen turbo ventilátorem. Vzduch nasátý do motoru je předem filtrován. Výfukové plyny jsou filtrovány, chlazeny a zbaveny všech nečistot. Součástí zařízení je i lapač jisker. Softwarové vybavení zajišťuje uchování dat o závadách, teplotě, tlaku provozních kapalin a taktéž umožňuje diagnostiku lokomotivy. [7]

### 1.1.2 Závěsné lokomotivy vyráběné firmou Ortas s.r.o.

Lokomotiva typu LZH 50.D-3 a typu LZH 110.D-1



*Obr.č. 1.3- Lokomotiva LZH 50.D-3 od firmy Ortas s.r.o. [8]*

Lokomotiva se vyrábí v čtyřdílném nebo třídílném provedení (skládá se ze dvou řídicích kabin, motorové části s pohonnými jednotkami a chladicí jednotky). Toto uspořádání umožňuje pojíždění lokomotivy v podzemí. Motorová část se skládá z diesellového motoru a hydrostatického pohonu. U typu LZH 50.D-3 je pohon řešen za pomoci vznětového motoru ZETOR Z-7701, který je vybaven nuceným vodním oběhem, který obsahuje chladič s ventilátorem.

Na typu **LZH 110.D-1** se používá výkonnější motor – ZETOR Z-1404, který je přepínaný turbodmychadlem.

Při používání v prostředí s nebezpečným obsahem metanu a uhlénohledného prachu se motory vybavují jistícími prvky saní a výfuku. Tyto pojistné prvky jsou chráněny vodní uzávěrkou, která zamezuje iniciaci vznětu metanu a možné přenesení plamene do volné nechráněné atmosféry. [8]

Pomocí hydraulického startéru se startuje hnací motor, brzdění motoru se provádí pomocí vlastního hydraulického převodu. Při zrychlení na maximální povolenou rychlost se sepne omezovač rychlosti. Připojení vlakové soustavy se provádí pomocí přípojných tyčí z obou stran. [8]

### 1.1.3 Závěsné lokomotivy od firmy KaBeDex spol. s.r.o.

#### **Závěsné lokomotivy IMM 80 TD a IMM 100.01 TD**



*Obr.č. 1.4 - Lokomotiva IMM 80 TD [9]*

Tyto závěsné lokomotivy IMM 80 TD a IMM 100.01 TD se pohybují v rozsahu sklonu tratě 0-25°. Lokomotivy jsou uzpůsobeny do prostředí s nebezpečím výbuchu metanu a uhlého prachu. Dále splňují ergonomické a hygienické požadavky pro zařízení pracující v podzemí. Lokomotivy jsou tvořeny motorovou částí a dvěma kabinami pro obsluhu. Vlaková souprava se propojuje spojovacími tyčemi, jež lze připojit z obou stran. Zařízení jsou začleněny do skupiny I, a kategorie M2. [9]

## Lokomotiva typu IMM 120 TD



*Obr.č. 1.5 - Lokomotiva IMM 120 TD [9]*

Tato lokomotiva se od předchozích typů liší pouze výkonnějším motorem.

### 1.1.4 Firma Fite a.s.

#### Lokomotiva typu Bizon 120



*Obr.č. 1.6 - Lokomotiva Bizon 120 [10]*

Závěsná lokomotiva BIZON 120 je vyráběna ve společnosti FITE a.s., je vybavena silnějším a výkonnějším motorem, který splňuje všechny ekologické předpisy.

Lokomotiva BIZON 120 je vybavena dieslovým motorem PERKINS1104 C (D), který splňuje ekologické standardy. Obsah CO a NO<sub>x</sub> odpovídá standardu EURO 2(3). Výfukové potrubí je vybaveno katalyzátorem, který pomáhá snižovat koncentraci CO ve výfukových plynech.



Dále je lokomotiva opatřena čidly metanu a automatickým hasícím zařízením. Vybavení informuje obsluhu o teplotách, tlacích a stavu kontrolních čidel, které jsou připevněny k jednotlivým zařízením. [10]

## 1.2 Vrátky

Vrátek je zdvihadlo podobné jeřábové kočce, která je ochuzena o pojížděcí ústrojí. Jedná se o strojní naviják pro zvedání břemen. Skládá se z navíjecího bubnu poháněného motorem, který je vybaven brzdou. Vrátek se skládá z rámu, na němž je upevněn poháněcí motor s postranicemi. V postranicích je uložen navíjecí buben, na jedné straně je čelní ozubení, do kterého se podle potřeby zasouvá pastorek. Zasouvací pastorek je na předlohovém hřídeli uložen posuvně a poháněn převody od motoru. Druhé čelo vrátku je opatřeno pásovou brzdou k zajištění vrátku. [11]

### Rozdělení podle použití

- vrátky těžní
- vrátky vlečné - zatahovací
- vrátky zajišťovací
- vrátky plenicí

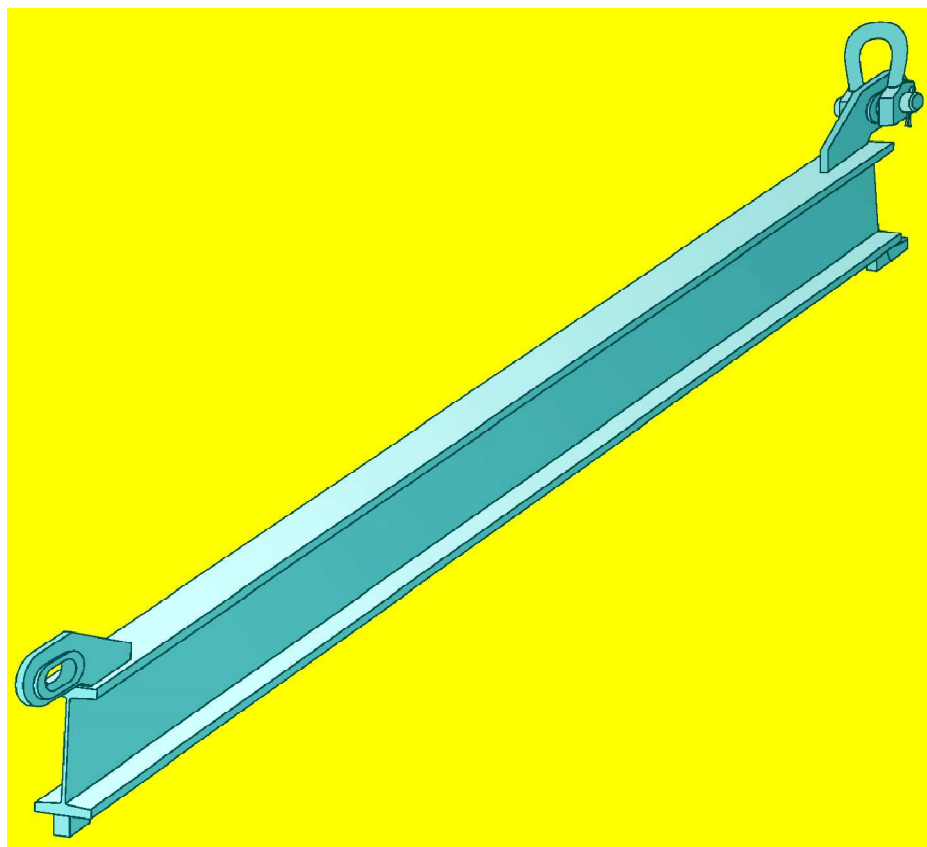
### Rozdělení podle provedení vrátku:

- jednobubnové
- dvojbubnové

### 1.3 Profily kolejnice pro závěsné dráhy

Jako profil závěsné dráhy se používá profil I155, který bývá uchycen pomocí řetězů nebo pomocí pevného uchycení v konstrukci.

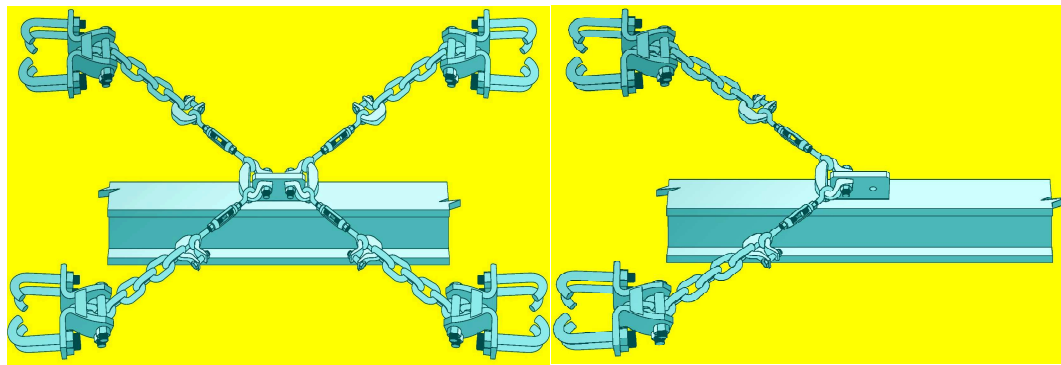
Závěsná dráha je stavebnicového typu a skládá se ze standardizovaných částí různých délek. Tyto části závěsné dráhy jsou uzpůsobeny pro různá zaoblení a stoupání tratě. [12]



*Obr.č. 1.7 - Závěsný profil I155 [12]*

## Kotvení závěsné dráhy

Trať se uchycuje pomocí řetězů ke konstrukci. Toto kotvení může být křížové nebo typu VP1.



*Obr.č. 1.8 - Kotvení křížového typu a typu VP1 [12]*

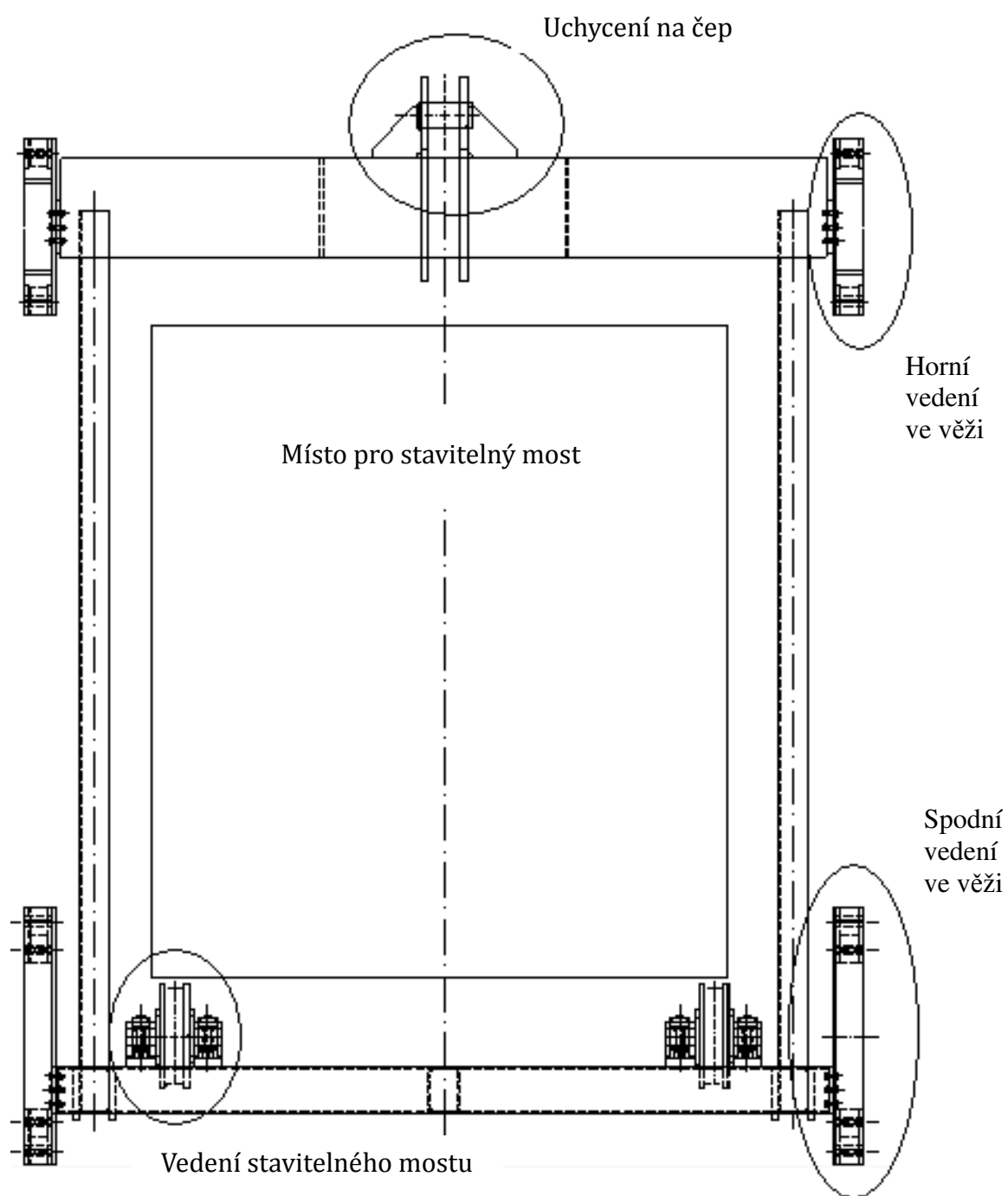
## 2 Seznámení s problematikou

Tato kapitola se věnuje seznámení s problematikou posuvného rámu, který je součástí zkušebního polygonu. Zkušební polygon slouží k testování závěsných a pozemních důlních lokomotiv. Testována je brzdná a poháněcí soustava za různých sklonů tratě. Rozsah sklonu se pohybuje v rozmezí 0-35°. Sklonu je docíleno pomocí jeřábové kočky v horní části polygonu. Jeřábová kočka je osazena jeřábovým hákem, jenž je navlečen na posuvný rám. Ten musí umožnit snadné a bezproblémové zvedání zkušebního mostu. Posuvný rám je osazen vedením ve věži polygonu, vedením zkušebního mostu a uchycením na jeřábový hák. V bakalářské práci jsou řešeny pevnostní a technologické návrhy vlastního posuvného rámu. Návrh vedení posuvného rámu ve věži polygonu, vedení stavitelného mostu v posuvném rámu. Rám je navrhován na nosnost 150 tun, zvolena svařovaná konstrukce.



Obr.č.2.1 - Zkušební polygon [6]

## Popis vlastního posuvného rámu

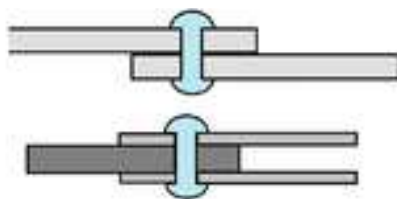


Obr.č.2.2 - Návrh posuvného rámu

### 3 Návrh konstrukce

#### 3.1 Nýtovaná konstrukce

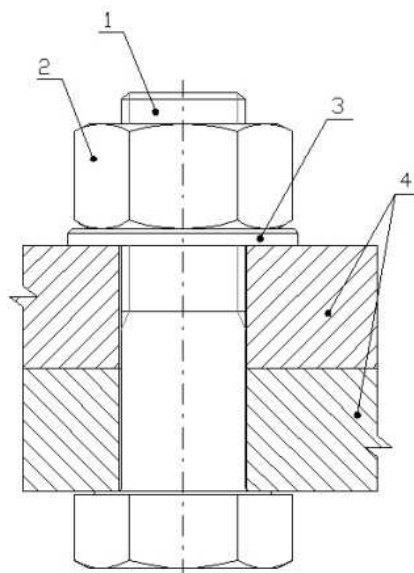
Jsou kladeny vyšší nároky na opracování stykových ploch a nezaručují přesnou polohu nýtovaného spoje. Nýtované spoje jsou pružnější než svařované spoje a nedeformují spojované materiály. Avšak je nutno do spojovaných materiálů vyvrtat díry, které tak oslabují profil spojovaných profilů. Nýtované konstrukce nabývají vyšší hmotnosti. [2]



Obr.č. 3.1 - Nýtový spoj [13]

#### 3.2 Šroubovaná konstrukce

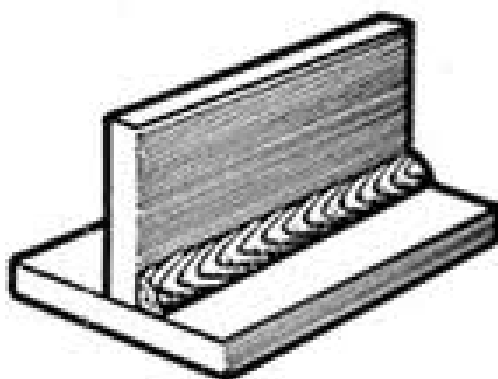
Na rozdíl od nýtovaných součástí jde o rozebíratelný spoj, ke kterému je třeba dalších součástí a díry pro šrouby oslabují nosný profil. Šroubové spoje jsou pružnější a mají vyšší hmotnost než svařované. [2]



Obr.č. 3.2- Šroubový spoj [14]

### 3.3 Svařovaná konstrukce

Svarové spoje mají vysokou pevnost, zjednodušují konstrukci a zkracují výrobní čas, který je potřeba k úpravě spojovaných ploch u technologií nýtování a šroubových spojů. Nevýhodou svařovaných konstrukcí je nutnost kvalifikovaného pracovníka a není umožněno nedestruktivní rozebrání spoje. [2]



*Obr.č. 3.3 - Svarový spoj [15]*

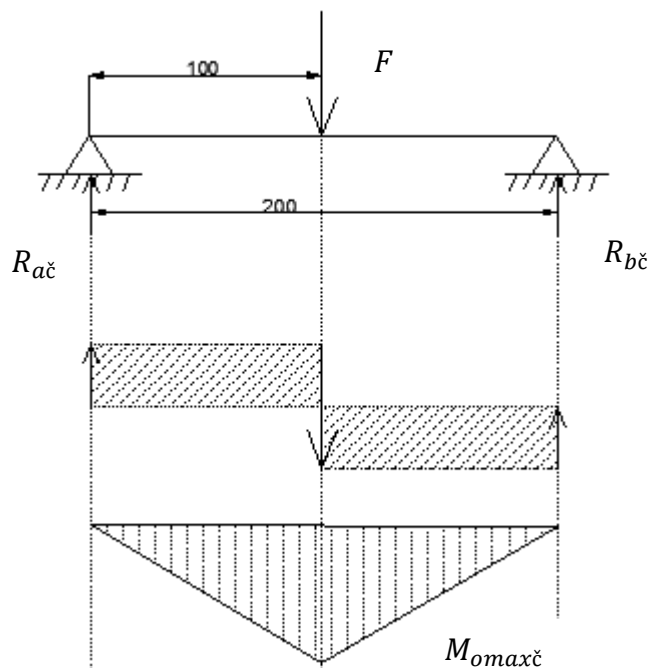
#### Výběr varianty

Pro návrh konstrukce jsou zvoleny svarové spoje, vzhledem k ceně a pracnosti. S ohledem na možné opotřebení a snadnou výměnu dílů bude část přišroubována a část spojena pomocí tvarového spoje a pojistného členu.

## 4 Návrhový výpočet svařované konstrukce

### 4.1 Návrh čepu, pomocí kterého bude zavěšen rám na jeřábový hák

Náhradní schéma



Obr.č. 4.1 - Náhradní výpočtový model čepu

Výpočet reakcí

$$\Sigma F_{hak} = 0$$

$$F_{hak} - R_{ač} - R_{bč} = 0 \quad (3.1.1)$$

$$F_{hak} = m_k \cdot g = 150000 \cdot 9,81 = 14715000N$$

$m_k = 150t$  .... nosnost konstrukce

$g = 9.81$  .... gravitační konstanta

$$R_{ač} = R_{bč} = F_{hak}/2 = 735650N$$

Výpočet maximálního ohybového momentu

$$M_{omaxč} = R_{ač} \cdot \frac{l_{čep}}{2} \quad (3.1.2)$$

$l_{čep}$  - délka čepu

$$M_{omaxč} = 735750 \cdot \frac{200}{2}$$

$$M_{omaxč} = 7357500Nmm$$



Návrh čepu z rovnice pro ohyb

Volím materiál S335J0, který odpovídá materiálu 11523, tento materiál má dokonalou svařitelnost, tedy pro mou konstrukci vyhovuje.

Materiál 11523->  $R_e=340MPa$  [5]

$$\sigma_o = \frac{M_{omaxč}}{W_{oč}} = \frac{R_e}{k_{\zeta}} \quad (3.1.3)$$

$k_{\zeta} = 1,5 \dots$  výpočtová bezpečnost [1]

$$\sigma_o = \frac{F_{hak} \cdot \frac{l_{čep}}{2}}{\frac{\pi \cdot d^3}{32}} = \frac{R_e}{k} \Rightarrow d$$

$$d = \sqrt[3]{\frac{32 \cdot k \cdot Rač \cdot \frac{200}{2}}{\pi \cdot Re}}$$

$$d = \sqrt[3]{\frac{32 \cdot 1,5 \cdot 735750 \cdot \frac{200}{2}}{\pi \cdot 340}}$$

$$d = 119,6 \text{ mm}$$

Pro účel této konstrukce je volen čep průměru  $d=160\text{mm}$ , s ohledem na lepší rozložení síly na stykové plochy háku.

## 4.2 Návrh potřebné tloušťky pásu přidržující čep

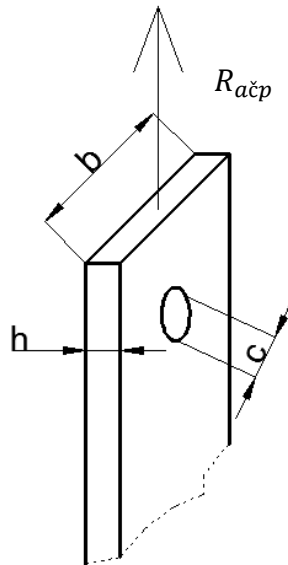
Výpočet minimální plochy, která vydrží zatížení od čepu

$$\sigma_{tah} = \frac{R_{ačp}}{S_{pas}} < \sigma_{dovt} \quad (3.2.1)$$

$$\sigma_{tah} = \frac{R_{ačp}}{S_{pas}} = \frac{Re}{k_2} \Rightarrow S_{pas} \quad (3.2.1)$$

$k_2=1,5 \dots$  bezpečnost [1]

$$S_{pas} = \frac{R_{ačp} \cdot k_2}{Re} = \frac{735750 \cdot 1,5}{333} = 3314 \text{ mm}^2$$



Obr.č. 4.2 - Horní pás tažený

Rozměrová bilance pásu

$$S_{pas} = (b - c) \cdot h \Rightarrow h \quad (3.2.2)$$

$$h = S_{pas} / (300 - 130)$$

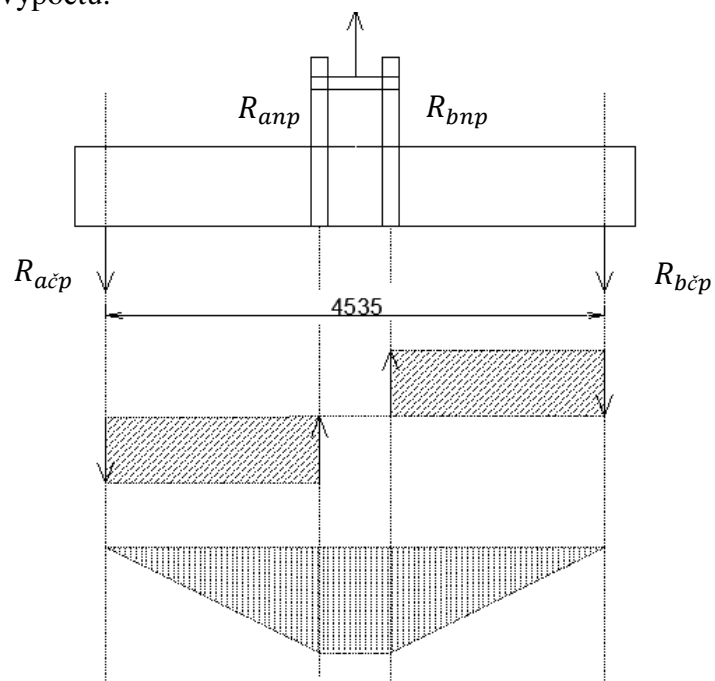
$$h = 3314 / (300 - 130)$$

$$h = 19,49mm$$

Šířku pásu je volena 25mm.

### 4.3 Návrh horních nosných pásnic

Náhradní schéma výpočtu.



Obr.č.4.3 - Náhradní výpočtový model nosných pásnic

Výpočet reakčních sil

$$\Sigma F_y = 0$$

$$R_{a\check{c}p} + R_{b\check{c}p} - R_{anp} - R_{bnp} = 0 \quad (3.3.1)$$

$$\Sigma M_{anp} = 0$$

$$R_{b\check{c}p} \cdot \left( \frac{l_{np}}{2} - 100 \right) + R_{a\check{c}p} \cdot \left( \frac{l_{np}}{2} + 100 \right) - R_{anp} \cdot l = 0 \quad (3.3.2)$$

$$R_{anp} = \frac{735750 \cdot \left( \frac{4535}{2} - 100 \right) + 735750 \cdot \left( \frac{4535}{2} + 100 \right)}{l}$$

$$R_{anp} = R_{bnp} = 735750 \text{ N}$$

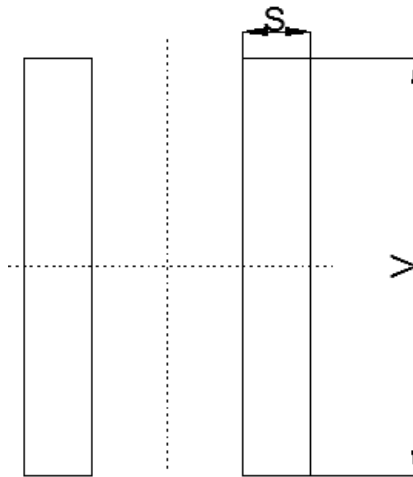
Výpočet maximálního ohybového momentu, kterým bude profil zatěžován.

$$M_{omaxnp} = R_{bnp} \cdot \frac{l_{np}}{2} - R_{b\check{c}p} \cdot 50 \quad (3.3.3)$$

$$M_{omaxnp} = 735750 \cdot \frac{4535}{2} - 735750 \cdot 50$$

$$M_{omaxnp} = 1594738123 \text{ Nmm}$$

Návrh profilů



Obr.č. 4.4 - Profil nosných pásnic

$$W_{onp} = 2 \cdot W_{o1np} \quad (3.3.4)$$

$$\sigma_o = \frac{M_{omaxnp}}{W_{ovnp}} = \frac{R_e}{k} \Rightarrow W_{ovnp} \quad (3.3.5)$$

$k = 1,5 \dots \text{bezpečnost [1]}$

$$W_{ovnp} = \frac{M_{omaxnp} \cdot k_{np}}{R_e} = \frac{1594738125 \cdot 1,5}{333} = 7183505,068 \text{ mm}^3$$

$$W_{ovnp} = 2 \cdot \frac{s \cdot v^2}{6} \Rightarrow s \quad (3.3.6)$$

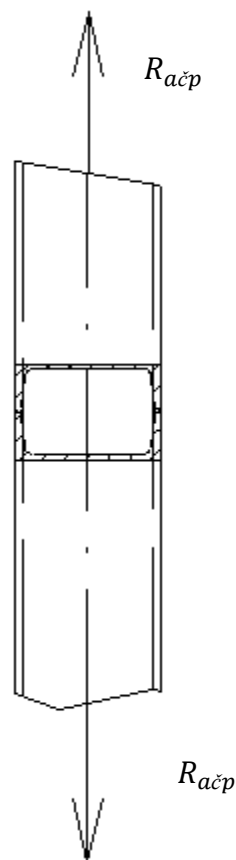
$$s = \frac{3 \cdot W_{ovnp}}{v^2}$$

$$s = \frac{3 \cdot 7183505,068}{650^2}$$

$$s = 51,01 \text{ mm}$$

Byla zvolena šířka pásu  $s=55\text{mm}$ .

#### 4.4 Výpočet bočnic pomocí tahu



Obr.č. 4.5 - Zatížení bočnice

Výpočet potřebného průřezu bočnice

$$\sigma_b = \frac{R_{anp}}{S_{2b}} < \sigma_{dovb} \quad (3.4.1)$$

$$S_{2b} = 2 \cdot S_b \quad (3.4.2)$$

$$\frac{R_{anp}}{2 \cdot S_b} = \frac{R_e}{k_b} \Rightarrow S_b \quad (3.4.3)$$

$k_b = 1,5 \dots \text{bezpečnost [1]}$

$$S_b = \frac{R_{anp} \cdot k_b}{2 \cdot R_e}$$

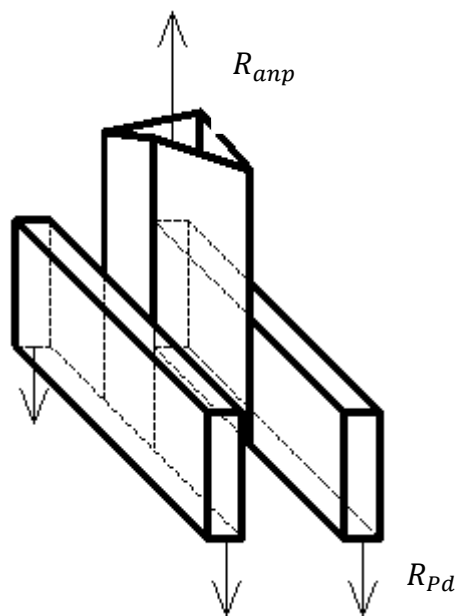
$$S_b = \frac{735750 \cdot 1,5}{2 \cdot 333}$$

$$S_b = 1657,094 \text{ mm}^2$$

Tahle plocha odpovídá profilu U120.

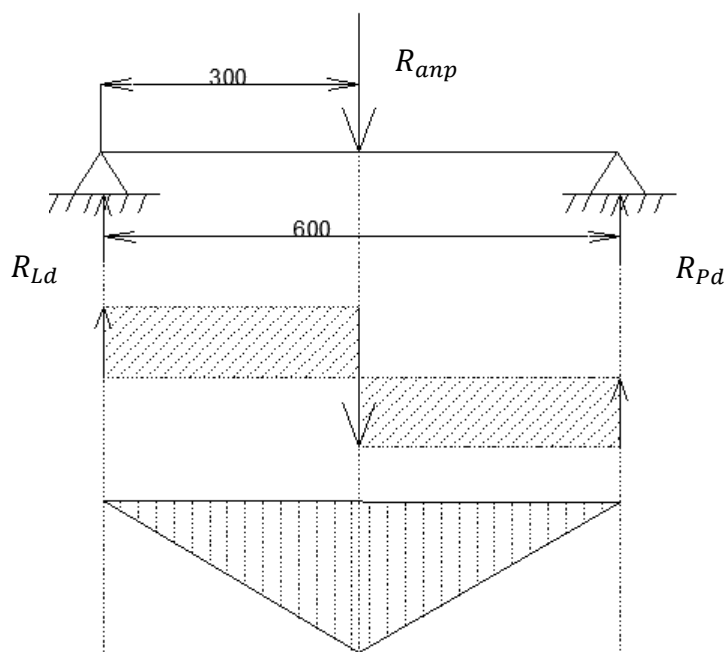
Z konstrukčního hlediska je zvolen profil U300.

#### 4.5 Návrh profilů dolní části při bočnici



Obr.č. 4.6 - Zatížení dolních pásů

Náhradní schéma výpočtu



Obr.č. 4.7 - Náhradní výpočtové schéma dolních pásů

Výpočet zatěžujících reakcí

$$-R_{anp} + 2 \cdot R_{Pd} + 2 \cdot R_{Ld} = 0 \quad (3.5.1)$$

$$R_{Pd} = R_{Ld}$$

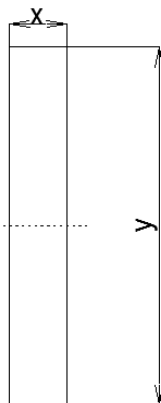
$$-R_{anp} + 4 \cdot R_{Pd} = 0 \quad (3.5.2)$$

$$R_{Pd} = R_{ab}/4 = 735750/4 = 183927,5N$$

Výpočet maximálního ohybového momentu pro jeden profil

$$M_{omaxdp} = R_{Pd} \cdot \frac{l_{dp}}{2} = 183927,5 \cdot \frac{600}{2} = 55178250Nmm \quad (3.5.3)$$

Návrh profilu



Obr.č. 4.8 - Profil dolního pásu

$$\sigma_{odp} = \frac{M_{omaxdp}}{W_{odp}} = \frac{R_e}{k_{dp}} \Rightarrow W_{odp} \quad (3.5.4)$$

$$k_{dp} = 1,5 \dots \text{bezpečnost [1]}$$

$$W_{odp} = \frac{M_{omaxdp} \cdot k_{dp}}{R_e} = \frac{55178250 \cdot 1,5}{340} = 243433,5mm^3$$

$$W_{odp} = \frac{x \cdot y^2}{6} \Rightarrow x$$

$$x = \frac{6 \cdot W_{odp}}{y^2} \quad (3.5.5)$$

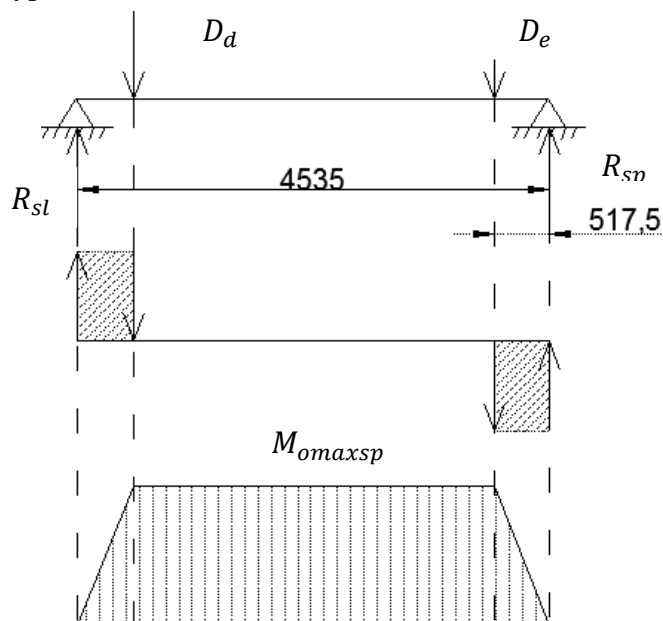
$$x = \frac{6 \cdot 243433,5}{280^2}$$

$$x = 15,52mm$$

Šířka dolního pásu je volena  $x = 25mm$ .

## 4.6 Výpočet dolních nosných profilů

Náhradní schéma výpočtu



Obr.č. 4.9 - Náhradní výpočtové schéma dolních profilů

Výpočet zatěžujících sil profilů

Nosnost konstrukce má být 150t.

Rovnice reakcí v ose Y.

$$R_{sp} - D_d - D_e + R_{sl} = 0 \quad (3.6.1)$$

Momentová rovnováha

$$\Sigma M_e = 0 \quad (3.6.2)$$

$$\Sigma M_e = D_d \cdot 517,5 + D_e \cdot (517,5 + 3500) - R_{sl} \cdot 4535 \Rightarrow D_d$$

$$D_d = \frac{R_e \cdot 4535 - D_e \cdot (517,5 + 3500)}{517,5}$$

$$D_d = \frac{735750 \cdot 4535 - 735750 \cdot (517,5 + 3500)}{517,5}$$

$$D_d = 735750N$$

Výpočet maximálního ohybového momentu

$$M_{omaxsp} = R_{sp} \cdot 517,5 \quad (3.6.3)$$

$$M_{omaxsp} = 735750 \cdot 517,5$$

$$M_{omaxsp} = 380750625 Nmm$$

Výpočet minimálního průřezového modulu v ohybu

$$\sigma_o = \frac{M_{omaxsp}}{W_{osp}} = \frac{R_e}{k_{sp}} \Rightarrow W_{osp} \quad (3.6.4)$$

$$k_{sp} = 1,5 \dots \text{bezpečnost [1]}$$

$$W_{osp} = \frac{M_{omaxsp} \cdot k_{sp}}{R_e}$$

$$W_{osp} = \frac{380750625 \cdot 1,5}{340}$$

$$W_{osp} = 1679782 mm^3$$

Volím 4 profilu U 280.

Jeden profil U 280 má  $W_{oU280} = 448000 mm^3$ .

Tedy 4 profily U 280 budou odpovídat.

$$W_{o4U280} = 4 \cdot W_{oU280} \quad (3.6.5)$$

$$W_{o4U280} = 4 \cdot 448000$$

$$W_{o4U280} = 1792000 mm^3$$

Porovnání návrhu:

$$W_{osp} < W_{o4U280}$$

$$1679782 mm^3 < 1792000 mm^3$$

Profily U 280 tedy pro návrh vyhovují.

Kontrola profilů na ohyb

$$\sigma_o = \frac{M_{omaxsp}}{W_{o4U280}} \leq \frac{R_e}{k_{sp}} \quad (3.6.6)$$

$$k_{sp} = 1,5 \dots \text{bezpečnost [1]}$$

$$\sigma_o = \frac{380750625}{1792000} = 212,5 MPa$$

$$\frac{R_e}{k_{sp}} = \frac{340}{1,5} = 226 MPa$$

$$\sigma_o < \frac{R_e}{k_{sp}}$$

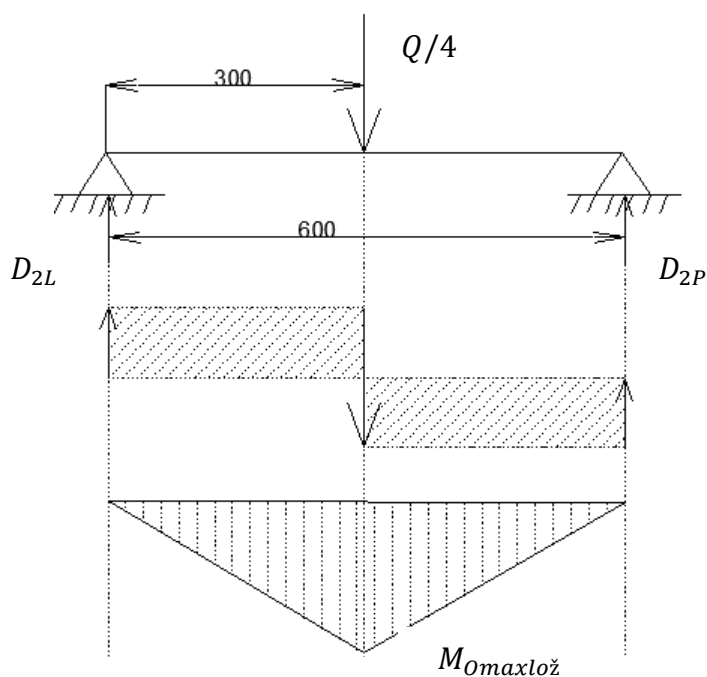
$$212,5 MPa < 226 MPa$$

Čtyři profily U280 tedy na ohyb vyhovují.



## 4.7 Návrh profilů pod ložiskovými domky

Náhradní schéma výpočtu



Obr.č. 4.10 - Náhradní výpočtové schéma profilu ložiskového domku

Výpočet reakcí

$$\frac{Q}{4} - D_{2L} - D_{2P} = 0 \quad (3.7.1)$$

$$D_{2L} = D_{2P} = Q/8$$

$$D_{2L} = D_{2P} = 1471500/8$$

$$D_{2L} = D_{2P} = 183937,5N$$

Výpočet maximálního ohybového momentu

$$M_{Omaxlož} = D_{2L} \cdot \frac{l_{lož}}{2} \quad (3.7.2)$$

$$M_{Omaxlož} = 183937,5 \cdot \frac{600}{2}$$

$$M_{Omaxlož} = 55181250Nmm$$

Návrh profilů pod ložiskovými domky

$$\sigma_o = \frac{M_{Omaxlož}}{W_{olož}} = \frac{R_e}{k_{lož}} \quad (3.7.3)$$

$$k_{lož} = 1,5 \dots \text{bezpečnost [1]}$$

$$\frac{M_{Omaxlož}}{W_o} = \frac{R_e}{k_{lož}} \Rightarrow W_{olož}$$

$$W_{olož} = \frac{M_{Omaxlož} \cdot k_{lož}}{R_e} = \frac{55181250 \cdot 1,5}{340} = 243446,69 \text{ mm}^3$$

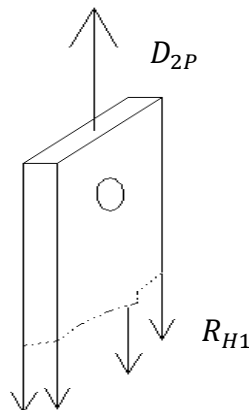
$$W_{olož} = \frac{1}{12} \cdot n \cdot m^2 \Rightarrow m \quad (3.7.4)$$

$$m = \sqrt{\frac{12 \cdot W_{olož}}{n}} = \sqrt{\frac{12 \cdot 243446,69}{180}} = 127,39 \text{ mm}$$

Volena výška 130mm.

## 5 Návrh svarů konstrukce

### 5.1 Návrh horních svarů pásu



Obr.č. 5.1 - Zatížení svarů pásu u čepu

Zatížení svarů odpovídá reakci, která má velikost 735750N.

Takže jeden svar je zatížen  $735750/4 = 183937,5 \text{ N}$

Návrh svaru

Minimální délka svaru  $l=250 \text{ mm}$ .

$$\sigma_t = \frac{R_{H1}}{a \cdot l} = \frac{f_u}{\gamma \cdot \beta} \Rightarrow a \quad (4.1)$$

$f_u = 340 \text{ MPa}$  ...mez pevnosti materiálu

$\gamma = 1,25$  ...součinitel materiálu

$\beta = 0,8$  ...korekční faktor [1]

$$a = \frac{R_{H1} \cdot \gamma \cdot \beta}{f_u \cdot l}$$

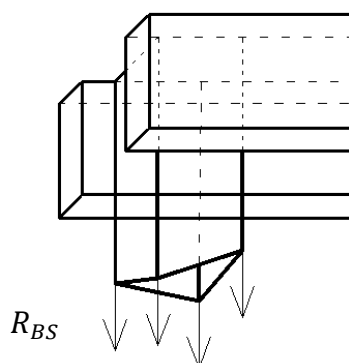
$$a = \frac{183937,5 \cdot 1,25 \cdot 0,8}{340 \cdot 250}$$

$$a = 2,16 \text{ mm}$$

Jelikož dochází k občasnému dynamickému namáhání, byla zvolena výška svaru

$a = 4 \text{ mm}$ .

## 5.2 Návrh svarů přiléhajících k bočnicím



Obr.č. 5.2 - Zatížení svarů v horní části bočnice

Síla působící na jeden svar

$$R_{anp} = 4 \cdot R_{BS}$$

$$R_{BS} = \frac{R_{anp}}{4} = \frac{735750}{4} = 183937,5N \quad (4.2.1)$$

Návrh svarů

$$\sigma_t = \frac{R_{BS}}{a \cdot l} = \frac{f_u}{\gamma \cdot \beta} \Rightarrow a \quad (4.2.2)$$

$f_u = 340MPa$  ...mez pevnosti materiálu  
 $\gamma = 1,25$  ...součinitel materiálu  
 $\beta = 0,8$  ...korekční faktor [1]

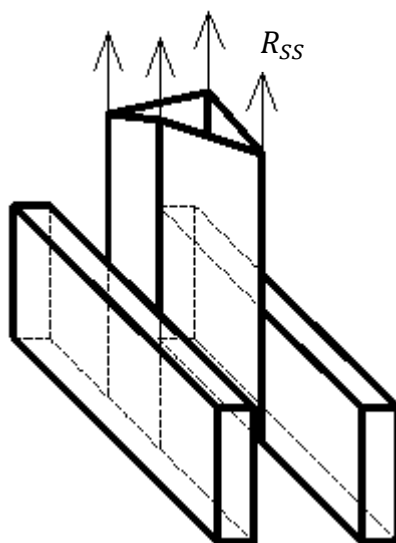
$$a = \frac{R_{BS} \cdot \gamma \cdot \beta}{f_u \cdot l}$$

$$a = \frac{183937,5 \cdot 1,25 \cdot 0,8}{340 \cdot 250}$$

$$a = 2,16mm$$

Je volena taktéž výška svaru  $a = 4mm$ .

### 5.3 Návrh svarů v dolní části bočnice



Obr.č. 5.3 - Zatížení svarů v dolní části bočnice

Zatížení jednoho svaru

$$R_{anp} = 4 \cdot R_{SS} \quad (4.3.1)$$

$$R_{SS} = \frac{R_{anp}}{4} = \frac{735750}{4} = 183937,5N \quad (4.3.2)$$

Návrh svaru

$$\sigma_t = \frac{R_{SS}}{a \cdot l} = \frac{f_u}{\gamma \cdot \beta} \Rightarrow a \quad (4.3.3)$$

$f_u = 340MPa$  ...mez pevnosti materiálu  
 $\gamma = 1,25$  ...součinitel materiálu  
 $\beta = 0,8$  ...korekční faktor [1]

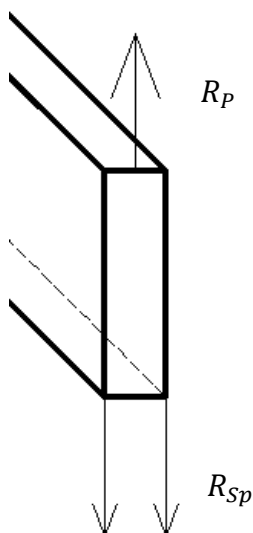
$$a = \frac{R_{SS} \cdot \gamma \cdot \beta}{f_u \cdot l}$$

$$a = \frac{183937,5 \cdot 1,25 \cdot 0,8}{340 \cdot 250}$$

$$a = 2,16mm$$

Je volena výška svaru  $a = 4mm$ .

## 5.4 Návrhový výpočet svarů mezi příčkami a profily



Obr.č. 5.4 - Zatížení svarů dolních příček

Síla zatěžující jeden svar

$$R_P - 2 \cdot R_{Sp} = 0 \quad (4.4.1)$$

$$R_{Sp} = R_P / 2$$

$$R_S = \frac{183927,5}{2}$$

$$R_S = 91963,75 \text{ N}$$

Návrh svaru u bočnice

$$\sigma_t = \frac{R_{Sp}}{a \cdot l} = \frac{f_u}{\gamma \cdot \beta} \Rightarrow a \quad (4.4.2)$$

$f_u = 340 \text{ MPa}$  ... mez pevnosti materiálu

$\gamma = 1,25$  ... součinitel materiálu

$\beta = 0,8$  ... korekční faktor [1]

$$a = \frac{R_{Sp} \cdot \gamma \cdot \beta}{f_u \cdot l}$$

$$a = \frac{91963,75 \cdot 1,25 \cdot 0,8}{340 \cdot 250}$$

$$a = 1,0819 \text{ mm}$$

Volena stejná výška svaru  $a = 4 \text{ mm}$ .

## 6 Návrh vedení posuvného rámu ve věži

### 6.1 Varianty vedení

#### 6.1.1 Třecí vedení

Třecí vedení se používá pro vedení výtahů ve výtahových šachtách.

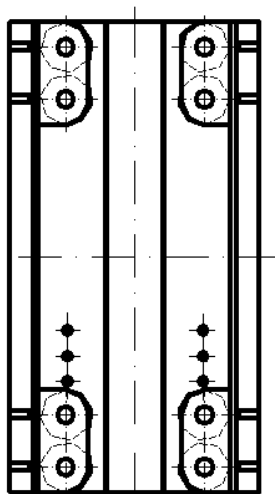


Obr.č. 6.1 - Třecí vedení [16]

Třecí vedení se využívá výhradně v dopravě ve vertikálním směru. Není vhodný pro vedení se zatížením v horizontálním směru a v prašném prostředí.

#### 6.1.2 Vedení pomocí valivého elementu

Vedené pomocí valivého elementu, je univerzální vedení pomocí kolejnice a valivých koleček. Používá se při vedení v horizontálním směru a při použití sklonné přepravy po kolejnicích.



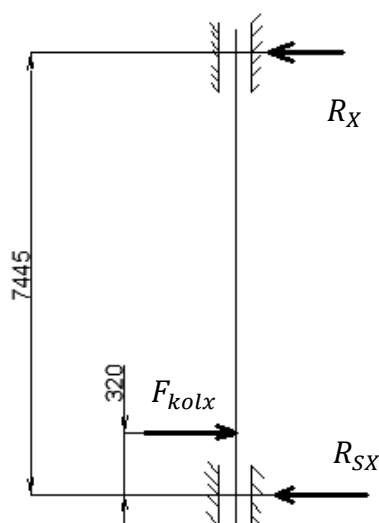
Obr.č. 6.2 - Valivé vedení

### 6.1.3 Volba varianty

Zvolená varianta je pomocí valivého elementu. Posuvný rám bude zatěžován od stavitelného mostu v rozsahu 0-35°. Tedy síly působící na posuvný rám v horizontální rovině mostu budou narůstat v závislosti na sklonu stavitelného mostu. Tyto síly při maximálním sklonu budou značné. Třecí vedení není doporučeno.

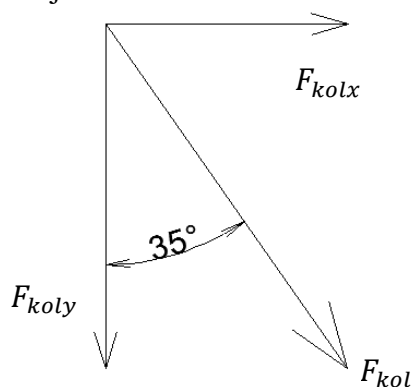
## 6.2 Výpočet valivého vedení

Náhradní schéma výpočtu reakcí zatěžující valivé vedení



Obr.č. 6.3 - Zatížení jednotlivých valivých vedení

Výpočet síly  $F_{kolx}$  v ose X na jeřábovém kole



Obr.č. 6.4 - Zatížení od sklonu mostu

$$\sin \alpha = \frac{F_{kolx}}{F_{kol}} \quad (5.2.1)$$

$$F_{kolx} = F_{kol} \cdot \sin \alpha = 1471500 \cdot \sin 35^\circ = 844017,7N$$

Výpočet reakčních sil

Osa X

$$F_{kolx} - R_{SX} - R_{HX} = 0 \quad (5.2.2)$$

Momentová rovnováha k bodu A

$$F_{kol} \cdot 320 - R_{HX} \cdot 7445 = 0 \quad (5.2.3)$$

$$R_{HX} = \frac{F_{kolx} \cdot 320}{7445} = \frac{844017,7 \cdot 320}{7445} = 36277,5N$$

Momentová rovnováha k bodu B

$$F_{kol} \cdot (7445 - 320) - R_{SX} \cdot 7445 = 0 \quad (5.2.4)$$

$$R_{SX} = \frac{F_{kol} \cdot (7445 - 320)}{7445} = \frac{844017,7 \cdot (7445 - 320)}{7445} = 807740,3N$$

Z těchto reakcí vyplývá, že spodní vedení bude v ose X namáháno silou  $R_{HX} = 807740,3N$  a horní vedení silou  $R_{HX} = 36277,5N$ .

Pevnostní výpočet šroubů valivého vedení:

Pro tenhle spoj je volen lícovaný šroub M24. Každé vlastní vedení bude připevněno ke konstrukci šesti šrouby. Kde bude síla v ose X rozložena na dvě jednotlivá valivá vedení. Šrouby budou zatíženy na stříh, a jsou vyrobeny z materiálu 8.8.

Kontrola šroubu na stříh

Bude použito 12 lícovaných šroubů M24.

$$\frac{R_{SX}}{12 \cdot A_S} = \frac{R_e}{k_s} \quad (5.2.5)$$

$A_S = 490,4 \dots$  střižný průřez šroubu [5]

$k_s = 1,5 \dots$  bezpečnost [1]

$$\frac{R_{SX}}{12 \cdot A_S} = \frac{807740,3}{12 \cdot 490,9} = 137,12MPa$$

Dovolené napětí šroubu

$$\frac{R_{eš}}{k_s} = \frac{640}{1,5} = 426,6MPa$$

Napětí ve šroubu je nižší, než napětí dovolené tedy šroub vyhovuje.



Kontrola šroubů na otlačení

$$\frac{R_{SX}}{12 \cdot O_S} = \sigma_{Dotl}$$

(5.2.5)

$O_S = 625,2$  ... otláčná plocha šroubu

$\sigma_{Dotl} = 150 MPa$  ... *dovolené napětí na otlačení* [5]

$k_s = 1,5$  ... *bezpečnost* [1]

$$\frac{R_{SX}}{12 \cdot O_S} = \frac{807740,3}{12 \cdot 625,2} = 107,65 MPa$$

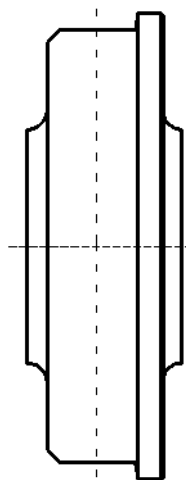
Měrné dovolené napětí na otlačení nepřesahuje dovolenou mez, tedy šrouby na otlačení vyhovují. Pro zachycení vedení v boku je voleno třecí plastové vedení.

## 7 Návrh vedení stavitelného mostu v posuvném rámu

Jako vedení stavitelného mostu je využíván valivý způsob za pomoci jeřábových kol, které jsou připevněny na posuvném rámu. Kolejnice je pevně připevněna zespod stavitelného mostu a odvaluje se po jeřábových kolech. Jeřábová kola jsou k rámu připevněna pomocí ložiskových domků, které jsou upevněny závrtnými šrouby k posuvnému rámu.

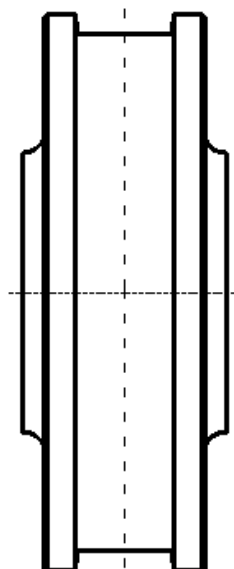
Nejčastěji používaná jeřábová kola jsou s jedním nebo dvěma nákolky. Kola bez nákolků se téměř nepoužívají a používají se jen tam, kde není kladen žádný požadavek na zachycení boční síly. Kola s jedním nákolkem se používají tam, kde není možno z konstrukčního hlediska použít kolo se dvěma nákolky.

### 7.1 Jeřábové kolo s jedním nákolkem



Obr.č. 7.1 - Jeřábové kolo s jedním nákolkem

## 7.2 Jeřábové kolo se dvěma nákolky.



Obr.č. 7.2 - Jeřábové kolo se dvěma nákolky

### Výběr varianty

Pro vedení stavitelného mostu je zvoleno vedení pomocí jeřábového kola se dvěma nákolky. Pro zadaný případ není nutno z konstrukčního hlediska volit kolo s jedním nákolkem a jsou kladeny i nároky na zachycení boční síly, takže kolo bez nákolků použít nelze. Pro posuvný rám jsou vybrána normalizovaná pojezdová kola průměru 630mm.

## 7.3 Návrh ložiskového domku

Celkové zatížení budou přenášet 4 ložiskové domky, tedy zatížení jednoho domku bude odpovídat ¼ celkové nosnosti rámu.

$$Q_{lož} = \frac{Q}{4} = \frac{m_k \cdot g}{4} = \frac{150000 \cdot 9,81}{4} = 367875N \quad (6.3.1)$$

$m_k = 150t$  .... nosnost konstrukce  
 $g = 9.81$  .... gravitační konstanta

Ložiskový domek se volí v závislosti na průměru hřídele, který je vsazen do ložiskového domku.

Průměr hřídele v ložiskovém domku je  $d_{hld} = 140mm$ .

Je zvolen ložiskový domek SKF SNL 532, únosnost tohoto ložiskového domku je v rozsahu 0-35° vyšší než 1MN tedy únosnost ložiskového domku vyhovuje.

## Kontrola ložiska

Pro ložiskový domek odpovídá dvouřadé soudečkové ložisko 22232 CCK/W33, toto soudečkové ložisko má statickou únosnost  $C_o=1290\text{KN}$

Zatěžující síla ložiska  $P_o=367875\text{N}$

Výpočet statické bezpečnosti

$$S_o = C_o / P_o = 1290000 / 367875 = 3,5 \quad (6.3.2)$$

Dovolené rozmezí statické kontroly ložiska pro čárový styk a rázové zatížení je  $S_o > 3$ .

Pro dané ložisko statická kontrola vyhovuje.

## 8 Technický popis zvolených variant

Posuvný rám je svařované konstrukce, skládá se z čepu průměru 160mm, pomocí něhož je rám uchycen ke zvedacímu zařízení. Pomocí dvou pásů je zatížení rozloženo na dvě bočnice. V dolní části posuvného rámu jsou na profilech U280 připevněny pásy, na nichž jsou ustaveny ložiskové domky SNL 532 SKF. Na hřídelích ustavených v ložiskových domcích, jsou nasazeny jeřábová kola normalizovaného průměru 630mm, po nichž se odvaluje kolejnice upevněna zespod stavitelného mostu.

Dále bylo zvoleno valivé vedení posuvného rámu ve věži polygonu. V dolní části, kvůli lepšímu rozložení sil na vedení, jsou volena čtyři odvalující se kola. V horní části s ohledem na nižší zatěžující síly pouze kola dvě. Vedení je v bočním směru doplněno plastovým třecím vedením ustavující rám v bočním směru.

## **Závěr**

V úvodu bakalářské práce je popsáno k čemu zkušební zařízení slouží. V další části je zpracován seznam dostupných závěsných lokomotiv vyskytujících se na trhu. Také je popsán závěsný profil, po kterém se závěsné lokomotivy pohybují.

Při návrhu variant byla vybrána svařovaná konstrukce z materiálu 11523. Bylo navrženo uložení zkušebního mostu v posuvném rámu pomocí jeřábového kola, které je ustaveno pomocí ložiskových domků SNL 532 SKF a odvalují se v ložiscích 22232 CCK/W33. Vedení posuvného rámu je řešeno pomocí valivého uložení, které se odvaluje po profilu připevněném na boční příhradové konstrukci a zachycuje tak horizontální síly. Navržený posuvný rám je jednoduché konstrukce a není náročný na údržbu.

## Poděkování

Za cenné rady, připomínky, ochotu a čas děkuji vedoucímu bakalářské práce  
Ing. Janu Nečasovi Ph.D. Svým rodičům za podporu při studiu.

## **Seznam použitých zdrojů a literatury**

- [1] BOHÁČEK, F.: *Části a mechanismy strojů I: Základy konstruování Spoje*. Brno: Rektorát Vysoké učení technické v Brně, 1984, 315 s.
- [2] KALAB, K.: *Části a mechanismy strojů pro bakaláře: Části spojovací*. 1.vydání VŠB-TU Ostrava, 2007, 91s. ISBN 978-80-248-1290-8
- [3] KALAB, K.: *Vysokoškolská příručka: Konstrukční návrh a výpočet svařované ocelové konstrukce*. VŠB-TU Ostrava, 2010, 17s.
- [4] POLÁK, J., SLÍVA, A.: *Skriptum: Dopravní a manipulační zařízení III*. 1.vydání VŠB-TU Ostrava, 2004, 146s.
- [5] LEINVEBER, J., VÁVRA, P.: *Strojnické tabulky*. 1.vydání. Úvaly: Albra-pedagogické nakladatelství, 2003, ISBN 80-86490-74-2
- [6] [Http://www.ferrit.cz/products/dlzl110f-ii](http://www.ferrit.cz/products/dlzl110f-ii). *Ferrit s.r.o.* [online]. 2012 [cit. 2012-05-14]. Dostupné z: <http://www.ferrit.cz>
- [7] <http://www.ferrit.cz/products/dlzl210f> . *Ferrit s.r.o.* [online]. 2012 [cit. 2012-05-14]. Dostupné z: <http://www.ferrit.cz>
- [8] [Http://www.ortas.cz/vyrobn-program/](http://www.ortas.cz/vyrobn-program/). *Ortas s.r.o.* [online]. 2012 [cit. 2012-05-14]. Dostupné z: [www.ortas.cz](http://www.ortas.cz)
- [9] [Http://www.kabedex.eu/files/files\\_34200999.pdf](http://www.kabedex.eu/files/files_34200999.pdf). *Kabedex spol s.r.o.* [online]. 2010 [cit. 2012-05-14]. Dostupné z: [www.kabedex.eu](http://www.kabedex.eu)
- [10] [Http://www.fite-mining.eu/index.php?option=com\\_content&view=article&id=50&Itemid=52&lang=cs](http://www.fite-mining.eu/index.php?option=com_content&view=article&id=50&Itemid=52&lang=cs). *Fite a.s.*[online]. 2010 [cit. 2012-05-14]. Dostupné z: <http://www.fite-mining.eu>
- [11] [Http://www.hornictvi.info/prirucka/technika/vratky.htm](http://www.hornictvi.info/prirucka/technika/vratky.htm). *Hornictví.info* [online]. 2009 [cit. 2012-05-14]. Dostupné z: [www.hornictvi.info](http://www.hornictvi.info)
- [12][Http://www.transl.cz/index.php?option=com\\_content&view=article&id=13&Itemid=13](http://www.transl.cz/index.php?option=com_content&view=article&id=13&Itemid=13). *Transl, v.o.s.* [online]. 2009 [cit. 2012-05-14]. Dostupné z: [www.transl.cz](http://www.transl.cz)
- [13][Http://www.twistedandes.com/foro/showthread.php?t=56755](http://www.twistedandes.com/foro/showthread.php?t=56755). [online]. 2008 [cit. 2012-05-14]. Dostupné z: <http://www.twistedandes.com>
- [14][Http://www.mindphaser.cz/html/plastik/jak\\_na/svary.html](http://www.mindphaser.cz/html/plastik/jak_na/svary.html). [online]. 2010 [cit. 2012-05-14]. Dostupné z: <http://www.mindphaser.cz>

- [15] [Http://strojirenstvi-mechanika.blogspot.com/2010/09/1-sroubove-spoje.html](http://strojirenstvi-mechanika.blogspot.com/2010/09/1-sroubove-spoje.html). [online]. 2010 [cit. 2012-05-14]. Dostupné z: <http://strojirenstvi-mechanika.blogspot.com/>.
- [16] [Http://www.ingstuksa.cz/produktove-listy/automaticke-maznice](http://www.ingstuksa.cz/produktove-listy/automaticke-maznice). [online]. 2008 [cit. 2012-05-14]. Dostupné z: <http://www.ingstuksa.cz>.

## **Seznam obrázků**

- Obr.č.1.1 – Závěsná lokomotiva DLZ110F-II
- Obr.č.1.2 – Závěsná lokomotiva DLZ210F
- Obr.č.1.3 – Lokomotiva LZH 50.D-3 od firmy Ortas s.r.o.
- Obr.č.1.4 – Lokomotiva IMM80TD
- Obr.č.1.5 – Lokomotiva IMM 120 TD
- Obr.č.1.6 – Lokomotiva Bizon 120
- Obr.č.1.7 – Závěsný profil I155
- Obr.č.1.8 – Kotvení křížového typu a typu VP1
- Obr.č.2.1 – Zkušební polygon
- Obr.č.2.2 – Návrh posuvného rámu
- Obr.č.3.1 – Nýtový spoj
- Obr.č.3.2 – Šroubový spoj
- Obr.č.3.3 – Svarový spoj
- Obr.č.4.1 – Náhradní výpočtový model čepu
- Obr.č.4.2 – Horní pás tažený
- Obr.č.4.3 – Náhradní výpočtový model nosných pásnic
- Obr.č.4.4 – Profil nosných pásnic
- Obr.č.4.5 – Zatížení bočnice
- Obr.č.4.6 – Zatížení dolních pásů
- Obr.č.4.7 – Náhradní výpočtové schéma dolních pásů
- Obr.č.4.8 – Profil dolního pásu
- Obr.č.4.9 – Náhradní výpočtové schéma dolních profilů
- Obr.č.4.10 – Náhradní výpočtové schéma profilu ložiskového domku
- Obr.č.5.1 – Zatížení svarů pásu u čepu
- Obr.č.5.2 – Zatížení svarů v horní části bočnice
- Obr.č.5.3 – Zatížení svarů v dolní části bočnice
- Obr.č.5.4 – Zatížení svarů dolních příček
- Obr.č.6.1 – Třecí vedení
- Obr.č.6.2 – Valivé vedení
- Obr.č.6.3 – Zatížení jednotlivých valivých vedení
- Obr.č.6.4 – Zatížení od sklonu mostu
- Obr.č.7.1 – Jeřábové kolo s jedním nákolkem
- Obr.č.7.2 – Jeřábové kolo se dvěma nákolky



## **Seznam příloh**

1 - výkresová dokumentace

2 – datový nosič CD